

Docket No.: 50427-707

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Masao FUKUYAMA, et al.

Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: May 24, 2000

Examiner:

For: ELECTROLUMINESCENT DEVICE HAVING A VERY THIN EMISSION LAYER

JC815 U.S. PTO
09/577137
05/24/00

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 11-144497,
filed May 25, 1999

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

Robert L. Price
Robert L. Price
Registration No. 22,685

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 RLP:klm
Date: May 24, 2000
Facsimile: (202) 756-8087

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

50427-707
May 24, 2000
FUKUOKA et al.

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 5月25日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第144497号

出 願 人

Applicant (s):

松下電器産業株式会社

JC815 U.S. PTO
09/577137
05/24/00

2000年 3月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦

出証番号 出証特2000-3012876

【書類名】 特許願

【整理番号】 2931000176

【提出日】 平成11年 5月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05B 33/14

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技
研株式会社内

 【氏名】 福山 正雄

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技
研株式会社内

 【氏名】 鈴木 睦美

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技
研株式会社内

 【氏名】 工藤 祐治

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技
研株式会社内

 【氏名】 堀 義和

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097445

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 有機電界発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一対の電極と、前記一対の電極の間に発光層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記発光層が濃度消光を起す所定の有機物を含むものであり、かつ前記発光層の膜厚が 4 n m 以下であることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 2】 一対の電極と、前記一対の電極の間に所定の有機物を含有する発光層と、電子又は正孔を輸送する電荷輸送層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記有機物の蛍光寿命が前記電荷輸送層に含まれる所定の材料の蛍光寿命より短く、かつ前記発光層の膜厚が 4 n m 以下であることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 3】 一対の電極と、前記一対の電極の間に所定の有機物を含有する発光層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記有機物の蛍光寿命が 1 0 n 秒以下であり、かつ前記発光層の膜厚が 4 n m 以下であることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 4】 一対の電極と、前記一対の電極の間に発光層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記発光層が濃度消光を起す所定の有機物を含むものであり、かつ前記発光層が島状に形成されたものであることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 5】 一対の電極と、前記一対の電極の間に所定の有機物を含有する発光層と、電子又は正孔を輸送する電荷輸送層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記有機物の蛍光寿命が前記電荷輸送層に含まれる材料の蛍光寿命より短く、かつ前記発光層が島状に形成されたものであることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 6】 一対の電極と、前記一対の電極の間に所定の有機物を含有する発光層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記有機物の蛍光寿命が 1 0 n 秒以下であり、かつ前記発光層が島状に形成されたものであることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 7】 正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が前記正孔輸送層と前記電子輸送層の間に設けてあることを特徴とする請求項 1、3、4 又は 6 記載の有機電界発光素子。

【請求項 8】 電荷輸送層が正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が前記正孔輸送層と前記電子輸送層の間に設けてあることを特徴とする請求項 2 又は 5 記載の有機電界発光素子。

【請求項 9】 正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が前記正孔輸送層の中に設けてあることを特徴とする請求項 1、3、4 又は 6 記載の有機電界発光素子。

【請求項 10】 電荷輸送層が正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が前記正孔輸送層の中に設けてあることを特徴とする請求項 2 又は 5 記載の有機電界発光素子。

【請求項 11】 正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が前記電子輸送層の中に設けてあることを特徴とする請求項 1、3、4 又は 6 記載の有機電界発光素子。

【請求項 12】 電荷輸送層が正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が前記電子輸送層の中に設けてあることを特徴とする請求項 2 又は 5 記載の有機電界発光素子。

【請求項 13】 正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が、前記正孔輸送層と電子輸送層の間、前記正孔輸送層の中、又は前記電子輸送層の中のいずれか複数の部位に設けてあることを特徴とする請求項 1、3、4 又は 6 記載の有機電界発光素子。

【請求項 14】 電荷輸送層が正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が、前記正孔輸送層と電子輸送層の間、前記正孔輸送層の中、又は前記電子輸送層の中のいずれか複数の部位に設けてあることを特徴とする請求項 2 又は 5 記載の有機電界発光素子。

【請求項 15】 発光層に接して正孔ブロック層を設けたことを特徴とする請求項 1 ないし 14 のいずれか記載の有機電界発光素子。

【請求項 16】 発光層に接して電子ブロック層を設けたことを特徴とする請

請求項 1 ないし 1 4 のいずれか記載の有機電界発光素子。

【請求項 1 7】 発光層に接して正孔輸送層に含まれる第 1 の材料と発光層に含まれる第 2 の材料の混合層を設けたことを特徴とする請求項 7 ないし 1 4 のいずれか記載の有機電界発光素子。

【請求項 1 8】 発光層に接して電子輸送層に含まれる第 1 の材料と発光層に含まれる第 2 の材料の混合層を設けたことを特徴とする請求項 7 ないし 4 のいずれか記載の有機電界発光素子。

【請求項 1 9】 発光層が多層構造になっていることを特徴とする請求項 1 ないし 1 8 のいずれか記載の有機電界発光素子。

【請求項 2 0】 それぞれ異なる色を発光する複数の発光層からなる多層構造を設けることにより白色光を発光することを特徴とする請求項 1 ないし 1 8 のいずれか記載の有機電界発光素子。

【請求項 2 1】 発光層がブロック状になっていることを特徴とする請求項 1 ないし 1 8 のいずれか記載の有機電界発光素子。

【請求項 2 2】 複数の色を発光する領域からなるブロック状の発光層を設けることにより白色発光となることを特徴とする請求項 2 1 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 2 3】 発光層が気相成長法により形成されたものであることを特徴とする請求項 1 ないし 2 2 のいずれか記載の有機電界発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ディスプレイ等の各種の表示装置として広範囲に利用される発光素子であって、特に低い駆動電圧、高輝度、安定性に優れた有機電界発光素子に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

電界発光素子は、自己発光のために液晶素子にくらべて明るく、鮮明な表示が可能であるため、旧来多くの研究者によって研究されてきた。

【0003】

現在、実用レベルに達し商品化されている電界発光素子としては、無機材料の ZnS を用いた素子がある。

【0004】

しかし、この様な無機の電界発光素子は発光のための駆動電圧として 200V 程度必要であるため、広く使用されるには至っていない。

【0005】

これに対して、有機材料を用いた電界発光素子である有機電界発光素子は、従来、実用的なレベルからはほど遠いものであったが、アプライド・フィジックス・レターズ、51 巻、913 頁、1987 年 (Applied Physics Letters, Vol. 51, P. 913, 1987) で開示されているように、コダック社の C. W. Tang らによって開発された積層構造素子により、その特性が飛躍的に進歩した。

【0006】

彼らは、蒸着膜の構造が安定であって電子を輸送することのできる蛍光体と、正孔を輸送することのできる有機物を積層し、両方のキャリアーを蛍光体中に注入して発光させることに成功した。

【0007】

これによって、有機電界発光素子の発光効率が向上し、10V 以下の電圧で 1000 cd/m² 以上の発光が得られるようになった。

【0008】

さらに、ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス、65 巻、3610 頁、1989 年 (J. Appl. Phys., Vol. 65, P. 3610, 1989) で開示されているように、1989 年には同じくコダック社の C. W. Tang らによりゲストホストシステムによる発光層が提案され、素子の発光効率の向上および多様な発光材料の使用が可能となった。現在、発光効率が高い有機電界発光素子の多くは、ゲストホストシステムによる発光層を用いている。

【0009】

しかしながら、ゲストホストシステムで発光効率の向上した素子を得るためには、ゲスト材料である発光材料を 1 m o l % 程度の低濃度でホスト材料にドーピングする必要がある。有機電界発光素子では発光層の膜厚は数十 n m 程度であり、その形成方法は通常真空蒸着法を用いている。このため、このような低濃度にドーピングされた薄膜発光層を大面積の基板に均一に形成することは困難であり、ゲストホストシステムによる素子の実用化において大きな問題となっている。

【0 0 1 0】

また、ゲスト材料として用いられる発光材料を通常の方法で発光層として用いても発光効率の良い有機電界発光素子を得るのは困難である。

【0 0 1 1】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、発光効率が高く、様々な色の発光が可能である有機電界発光素子を容易に提供することを目的とする。

【0 0 1 2】

【課題を解決するための手段】

本発明は、発光層に用いる有機物が濃度消光を起すものであり、かつ発光層の膜厚が 4 n m 以下、あるいは島状に形成された有機電界発光素子である。または、発光層に用いる有機物の蛍光寿命が、電子と正孔の再結合領域に用いられる他の材料の蛍光寿命より短いものであり、かつ発光層の膜厚が 4 n m 以下、あるいは島状に形成された有機電界発光素子である。または、発光層に用いる有機物の蛍光寿命が 1 0 ナノ秒以下であり、発光層の膜厚が 4 n m 以下、あるいは島状に形成された有機電界発光素子である。

【0 0 1 3】

このような構成によれば、発光効率が高く、様々な色の発光が可能である有機電界発光素子が容易に提供される。

【0 0 1 4】

【発明の実施の形態】

請求項 1 記載の発明は、一対の電極と、前記一対の電極の間に発光層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記発光層が濃度消光を起す有機物を含

むものであり、かつ前記発光層の膜厚が4 nm以下であることを特徴とする有機電界発光素子である。濃度消光とは濃度を上げると光らなくなる現象であるが、このように濃度消光を起こす有機物を発光層に用いても、発光層の膜厚を4 nm以下にすることで高効率な電界発光が可能となる。ここで用いられる濃度消光を起こす発光材料としては、レーザ色素等の各種の蛍光性有機化合物から選べることができるものであり、特に有用な発光材料としてはキナクリドン誘導体、クマリン誘導体、メロシアニン誘導体、オキサゾール誘導体、チアゾール誘導体、スチリル誘導体、フラボン誘導体、キノリン誘導体、アクリジン誘導体、縮合多環化合物などが挙げられる。具体的には、N,N'-ジメチルキナクリドン（以下DMQという）、N,N'-ジフェニルキナクリドン、3-(2'-ベンゾチアゾリル)-7-ジエチルアミノクマリン（以下クマリン6という）、4-ジシアノメチレン-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン（以下DCMという）、ルブレン、ジフェニルテトラセン、ペリレンなどが挙げられる。

【0015】

請求項2記載の発明は、一対の電極と、前記一対の電極の間に有機物を含有する発光層と、電子又は正孔を輸送する電荷輸送層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記有機物の蛍光寿命が前記電荷輸送層に含まれる材料の蛍光寿命より短く、かつ前記発光層の膜厚が4 nm以下であることを特徴とする有機電界発光素子である。このような発光層を設けることにより、電荷輸送層で電子と正孔が再結合して生成する励起子のエネルギーを発光層の材料に効率良く移すことができ、発光層から高効率な電界発光を得ることが可能となる。ここでいう蛍光寿命とは蛍光強度が初期の $1/e$ になるまでの時間を示しており、汎用の蛍光寿命測定装置により測定されるものである。このような素子の具体例としては、例えば、発光層に用いる有機物として4-ジシアノメチレン-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン（以下DCMという）を用い、電荷輸送層に用いられる材料としてトリス(8-キノリノール)アルミニウム（以下Alqという）を用いた例を挙げられる。DCMの蛍光寿命は2～3 ns秒で、Alqの蛍光寿命は約12 ns秒である。なお、電子と正孔が再結合して励起子を生成する現象は発光層でも起こりうるのはいうまでもない。

【0016】

請求項3記載の発明は、一対の電極と、前記一対の電極の間に有機物を含有する発光層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記有機物の蛍光寿命が10 n秒以下であり、かつ前記発光層の膜厚が4 nm以下であることを特徴とする有機電界発光素子である。このように発光層に用いる有機物の蛍光寿命を10 n秒以下のものを用いることにより電子と正孔の再結合により生成した励起子のエネルギーを効率よく発光層に移すことができ、発光層の膜厚を4 nmのとしても効率良い電界発光を得ることができる。蛍光寿命が10 n秒以下の有機物としては、例えばDCMが挙げられる。DCMの蛍光寿命は2～3 n秒である。

【0017】

請求項4記載の発明は、一対の電極と、前記一対の電極の間に発光層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記発光層が濃度消光を起す有機物を含むものであり、かつ前記発光層が島状に形成されたものであることを特徴とする有機電界発光素子である。このように、濃度消光を起こす有機物を発光層に用いても、発光層を島状に形成することで高効率な電界発光が可能となる。ここで用いられる濃度消光を起こす発光材料としては、レーザ色素等の各種の蛍光性有機化合物から選ばれるものであり、特に有用な発光材料としてはキナクリドン誘導体、クマリン誘導体、メロシアニン誘導体、オキサゾール誘導体、チアゾール誘導体、スチリル誘導体、フラボン誘導体、キノリン誘導体、アクリジン誘導体、縮合多環化合物などが挙げられる。具体的には、N,N'-ジメチルキナクリドン(DMQ)、N,N'-ジフェニルキナクリドン、3-(2'-ベンゾチアゾリル)-7-ジエチルアミノクマリン(クマリン6)、4-ジシアノメチレン-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン(DCM)、ルブレン、ジフェニルテトラセン、ペリレンなどが挙げられる。一般に薄膜形成する際に、極薄膜、例えば1 nm以下の薄膜を作成した場合は、膜が島状に形成されている場合が多い。

【0018】

請求項5記載の発明は、一対の電極と、前記一対の電極の間に有機物を含有する発光層と、電子又は正孔を輸送する電荷輸送層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記有機物の蛍光寿命が前記電荷輸送層に含まれる材料の蛍光

寿命より短く、かつ前記発光層が島状に形成されたものであることを特徴とする有機電界発光素子である。このような発光層を設けることにより、電荷輸送層でのエネルギーを発光層の材料に効率良く移すことができ、発光層を島状に形成しても発光層から高効率な電界発光を得ることが可能となる。ここでいう蛍光寿命とは蛍光強度が初期の $1/e$ になるまでの時間を示しており、汎用の蛍光寿命測定装置により測定されるものである。一般に薄膜形成する際に、極薄膜、例えば 1 nm 以下の薄膜を作成した場合は、膜が島状に形成されている場合が多い。なお、電子と正孔が再結合して励起子を生成する現象は発光層でも起こりうるのはいうまでもない。

【0019】

請求項 6 記載の発明は、一対の電極と、前記一対の電極の間に有機物を含有する発光層を少なくとも有する有機電界発光素子であって、前記有機物の蛍光寿命が 10 ns 以下であり、かつ前記発光層が島状に形成されたものであることを特徴とする有機電界発光素子である。このように発光層に用いる有機物の蛍光寿命を 10 ns 以下のものを用いることにより電子と正孔の再結合により生成した励起子のエネルギーを効率よく発光層に移すことができ、発光層を島状に形成しても効率良い電界発光を得ることができる。一般に薄膜形成する際に、極薄膜、例えば 1 nm 以下の薄膜を作成した場合は、膜が島状に形成されている場合が多い。

【0020】

請求項 7 又は 8 記載の発明は、正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が前記正孔輸送層と前記電子輸送層の間に設けてあることを特徴とする有機電界発光素子である。このように発光層を正孔輸送層と電子輸送層の間に設けることにより、発光層へ注入される正孔と電子のバランスがよくなり発光効率の向上がなされる。

【0021】

請求項 9 又は 10 記載の発明は、正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が前記正孔輸送層の中に設けてあることを特徴とする有機電界発光素子である。このような構成をとることにより、正孔輸送層と電

子輸送層の界面近傍に多く存在すると考えられている励起子のエネルギーを効率良く発光層に移すことができ、正孔輸送層の中に発光層を設けても高効率発光が可能となる。発光層を設ける位置は正孔輸送層と電子輸送層の界面に近い方がよい。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 1 又は 1 2 記載の発明は、正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が前記電子輸送層の中に設けてあることを特徴とする有機電界発光素子である。このような構成をとることにより、正孔輸送層と電子輸送層の界面近傍に多く存在すると考えられている励起子のエネルギーを効率良く発光層に移すことができ、電子輸送層の中に発光層を設けても高効率発光が可能となる。発光層を設ける位置は正孔輸送層と電子輸送層の界面に近い方がよいが、電子輸送層の中に設ける場合は正孔輸送層の中に設ける場合と違って 2 0 n m 程度離しても発光層から発光が十分得られる。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 3 又は 1 4 記載の発明は、正孔を輸送する正孔輸送層及び電子を輸送する電子輸送層を有し、発光層が、前記正孔輸送層と電子輸送層の間、前記正孔輸送層の中、又は前記電子輸送層の中のいずれか複数の部位に設けてあることを特徴とする有機電界発光素子である。このように複数の部位に設けることにより励起子から発光層へのエネルギー移動がさらに効率良く起こり発光効率の向上がなされる。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 5 記載の発明は、発光層に接して正孔ブロック層を設けたことを特徴とする有機電界発光素子であり、発光層近傍に正孔と電子の再結合領域を限定することができ発光効率の向上が可能となる。ここで用いられる正孔ブロック層としては、従来から有機電界発光素子で用いられているもので良く、トリアゾール誘導体や 8 キノリノール誘導体の金属錯体などの有機化合物や、アルカリ金属化合物、アルカリ土類金属化合物や酸化アルミなどの無機化合物の超薄膜が挙げられる。具体的には、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-ターシャルブチルフェニル-1,2,4-トリアゾール、トリス(8-キノリノール)アルミニウム、

LiF、Li₂O、MgF、CaF、SiO、GeOなどが挙げられる。

【0025】

請求項16記載の発明は、発光層に接して電子ブロック層を設けたことを特徴とする有機電界発光素子であり、発光層近傍に正孔と電子の再結合領域を限定することができ発光効率の向上が可能となる。ここで用いられる電子ブロック層としては、従来から有機電界発光素子で用いられているもので良く、芳香族アミン化合物などの有機化合物や、アルカリ金属化合物、アルカリ土類金属化合物や酸化物、フッ化物などの無機化合物の超薄膜が挙げられる。具体的には、LiF、Li₂O、MgF、CaF、SiO、GeOなどが挙げられる。

【0026】

請求項17記載の発明は、発光層に接して正孔輸送層に含まれる第1の材料と発光層に含まれる第2の材料の混合層を設けたことを特徴とする有機電界発光素子である。このように正孔輸送材料と発光材料の混合層を設けることにより発光材の界面の状態を安定化することができ、特に駆動時の発光安定性を向上させることが可能となる。

【0027】

請求項18記載の発明は、発光層に接して電子輸送層に含まれる第1の材料と発光層に含まれる第2の材料の混合層を設けたことを特徴とする有機電界発光素子である。このように電子輸送材料と発光材料の混合層を設けることにより発光材の界面の状態を安定化することができ、特に駆動時の発光安定性を向上させることが可能となる。

【0028】

請求項19記載の発明は、発光層が多層構造になっていることを特徴とした有機電界発光素子であり、発光領域の増大により発光効率の向上が可能となる。さらに発光層を、それぞれ異なる色を発光する複数の発光層からなる多層構造にすることが可能であり、これにより複数の発光色を混合して様々な発光色を実現することができる。

【0029】

請求項20記載の発明は、それぞれ異なる色を発光する複数の発光層からなる

多層構造を設けることにより白色発光となることを特徴とした有機電界光素子であり、高効率の白色発光が可能となる。白色発光の形成方法としては、青色、緑色、赤色の三原色を発光させるほかにも、青緑色系発光とオレンジ色系発光の混色を用いるなどさまざまな方法が可能である。

【 0 0 3 0 】

請求項 2 1 記載の発明は、発光層がブロック状になっていることを特徴とした有機電界発光素子であり、発光領域の分割化により発光の安定性が向上する。さらに、発光層を複数の色を発光する複数のブロック領域を設けることができ、複数の発光色を混合することにより様々な発光色を実現することができる。

【 0 0 3 1 】

請求項 2 2 記載の発明は、複数の色を発光する領域からなるブロック状の発光層を設けることにより白色発光となることを特徴とした有機電界発光素子であり、高効率の白色発光が可能となる。白色発光の形成方法としては、青色、緑色、赤色の三原色を発光させるほかにも、青緑色系発光とオレンジ色系発光の混色するなどさまざまな方法が可能である。

また、請求項 2 3 に記載のように、発光層を気相成長法により形成することにより、4 n m 以下の発光層の形成や島状の発光層の形成が容易にできる。気相成長法としては真空蒸着法が最適である。

【 0 0 3 2 】

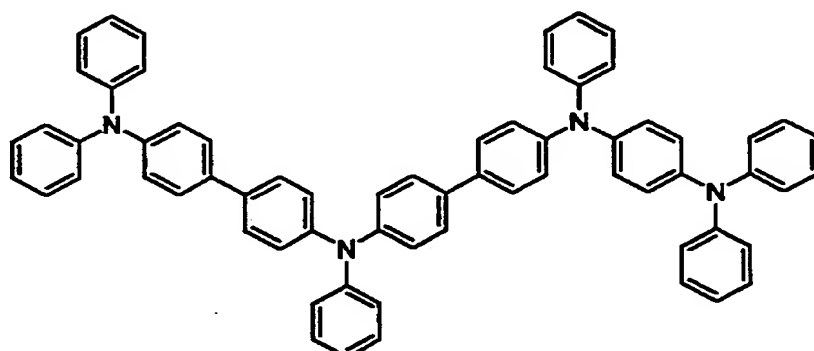
以下に、本発明を具体的な実施の形態によりに説明する。

【 0 0 3 3 】

以下の実施の形態では、正孔輸送材として（化 1）で示す N,N'-ビス[4'-(N,N'-ジフェニルアミノ)-4-ピフェニル]-N,N'-ジフェニルベンジジン（以下 T P T という）を、電子輸送材として（化 2）で示す トリス(8-キノリノール)アルミニウム（以下 A 1 q という。）を用い、陽極、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、陰極の順に積層した素子の構成を代表的に示すが、本発明はこの構成に限定されるものではない。また、通常は基板上に陽極から陰極の順に積層するが、これとは逆に基板上に陰極から陽極の順に積層してもよい。

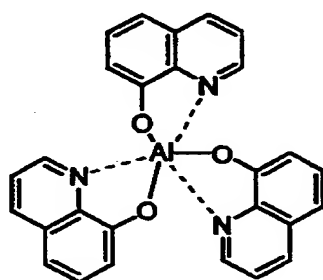
【 0 0 3 4 】

【化 1】



【0 0 3 5】

【化 2】



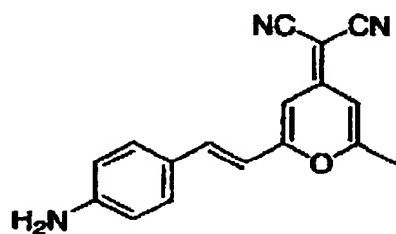
【0 0 3 6】

(実施の形態 1)

本発明の第 1 の実施の形態における有機電界発光素子は、図 1 にその断面図を示すように、ガラス基板 1 上に透明電極 2 として ITO 電極をあらかじめ形成したものの上に、正孔を輸送する正孔輸送層 3、発光現象が起こる発光層 4、電子を輸送する電子輸送層 5、陰極 6 の順に蒸着して作製した構成を有する。発光層としては(化 3)に示す DCM を用いた。DCM は濃度消光を起こす有機物である。

【0 0 3 7】

【化 3】



【0038】

まず、十分に洗浄したITO電極付きのガラス基板、TPT、DCM、Alq、アルミニウム及びリチウムを蒸着装置にセットした。

【0039】

ついで、 2×10^{-6} torrまで排気した後、 0.1 nm/秒 の速度でセットしたTPTを蒸着し正孔輸送層を 50 nm 形成した。ついで、セットした発光材のDCMを 0.01 nm/秒 の速度で蒸着し、膜厚 0.2 nm の発光層を形成した。次に、電子輸送材のAlqを 0.1 nm/秒 で蒸着し、膜厚 50 nm の電子輸送層を積層した。その後、アルミニウムとリチウムをそれぞれ別の蒸着源より蒸着しアルミニウムとリチウムの共蒸着層を 150 nm 形成して陰極とした。なお、これらの蒸着はいずれも真空を破らずに連続して行い、膜厚は水晶振動子によってモニターした。

【0040】

そして、素子作製後、直ちに乾燥窒素中で電極の取り出しを行い、引続き特性測定を行った。ここで、得られた素子の発光効率は、発光輝度 100 cd/m^2 の場合の値で定義した。また、駆動寿命は初期輝度を 1000 cd/m^2 として一定電流で駆動したときに、輝度が初期の半分の 500 cd/m^2 になる間での時間で定義した。

【0041】

同様の測定を発光層の膜厚を変化させて行った。その結果を、以下の(表1)に示す。

【0042】

【表 1】

発光層の膜厚 (nm)	電子輸送層の膜厚 (nm)	ピーク波長 (nm)	発光効率 (lm/W)	駆動寿命 (時間)
0. 2	4 9. 8	5 9 1	2. 5	3 0 0
0. 5	4 9. 5	5 9 3	2. 2	2 9 0
1	4 9	5 9 3	2. 0	2 9 0
2	4 8	5 9 6	1. 9	2 3 0
4	4 6	5 9 8	1. 8	1 5 0
1 0	4 0	6 1 4	0. 2	4
2 0	3 0	6 3 9	0. 1	3
5 0	0	6 4 8	0. 0 5	1 以下

【0 0 4 3】

(表 1) より、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率、駆動寿命が優れていることが確認された。

【0 0 4 4】

なお、DCMの蛍光寿命は2～3 n秒で、A 1 qの蛍光寿命は約1 2 n秒である。また、膜厚が1 n m以下の場合、薄膜は島状に形成されている可能性が高く、その場合も良好な結果が得られているのが(表 1) よりわかる。

【0 0 4 5】

(実施の形態 2)

本発明の第 2 の実施の形態における有機電界発光素子は、図 2 及び図 3 にその断面図を示すように発光層を電子輸送層の中または正孔輸送層の中に設けた以外は、実施の形態 1 と同様に有機電界発光素子を作製し、その特性を評価した。図 2 及び図 3 において、1 はガラス基板、2 は透明電極、3 は正孔を輸送する正孔輸送層、4 は発光現象が起こる発光層、5 は電子を輸送する電子輸送層、6 は陰極である。発光層の位置の詳細は(表 2) に示した通りであるが、表中の X 及び Y とは図 2 及び図 3 に示したように、発光層が電子輸送層と正孔輸送層の界面からどれだけ離れているかを示している。

【0 0 4 6】

その結果を、以下の(表 2) に示す。

【0 0 4 7】

【表 2】

発光層の位置 (nm)	ピーク波長 (nm)	発光効率 (lm/W)	駆動寿命 (時間)
X=0	5 9 1	2. 5	3 0 0
X=0. 5	5 9 5	1. 8	2 8 0
X=2	5 9 8	1. 6	2 8 0
X=5	6 0 2	1. 5	2 7 0
X=1 0	6 0 6	1. 5	2 5 0
X=2 0	6 1 0	1. 3	2 5 0
X=4 0	5 3 0	0. 7	1 0 0
Y=0. 5	5 8 0	2. 4	3 1 0
Y=2	5 4 0	2. 1	3 0 0
Y=5	5 2 0	2. 0	3 0 0
X=0, 5	5 9 5	2. 6	3 5 0
X=0, 5, 1 0	6 0 5	2. 8	4 0 0

【0 0 4 8】

(表 2) より、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率、駆動寿命が優れていることが確認された。発光層を設ける位置としては正孔輸送層と電子輸送層の間だけでなく、正孔輸送層の中や電子輸送層の中に設けることも有効であることが確認された。しかし、発光層を正孔輸送層の中に設けた場合には、正孔輸送層と電子輸送層の界面より 2 nm 離れてしまうと電子輸送層である Al q からの緑色の発光となり DCM からの発光は得られなかった。一方、電子輸送層の中に設ける場合では、界面から 2 0 nm 離れたところに設けても DCM からのオレンジ色の発光が得られることが確認された。さらに、発光層を複数の部位に設けることにより、発光効率及び駆動寿命が向上したことが確認された。

【0 0 4 9】

(実施の形態 3)

本発明の第 3 の実施の形態における有機電界発光素子は、図 4 にその断面図を示すように発光層に接して正孔ブロック層または電子ブロック層を設けた以外は、実施の形態 1 と同様に有機電界発光素子を作製し、その特性を評価した。図 4 において、1 はガラス基板、2 は透明電極、3 は正孔を輸送する正孔輸送層、4

は発光現象が起こる発光層、5は電子を輸送する電子輸送層、6は陰極、7は電子ブロック層、8は正孔ブロック層である。正孔または電子ブロック層としてはLiFおよびトリアゾール誘導体(TAZ)を用い(表3)に示した構成の素子を作製した。

【0050】

その結果を、以下の(表3)に示す。

【0051】

【表3】

正孔ブロック層 (nm)	電子ブロック層 (nm)	発光効率 (lm/W)	駆動寿命 (時間)
—	—	2.5	300
LiF: 0.5 nm	—	2.9	380
—	LiF: 0.5 nm	2.7	350
LiF: 0.5 nm	LiF: 0.5 nm	3.2	400
TAZ: 5 nm	—	2.7	370
TAZ: 5 nm	TAZ: 5 nm	2.9	390

【0052】

(表3)より、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率、駆動寿命が優れていることが確認された。

【0053】

(実施の形態4)

本発明の第4の実施の形態における有機電界発光素子は、図5にその断面図を示すように発光層に接して正孔輸送層に含まれる正孔輸送材と発光層に含まれる発光材の混合層、又は電子輸送層に含まれる電子輸送材と発光材の混合層を設けた以外は、実施の形態1と同様に有機電界発光素子を作製し、その特性を評価した。図5において、1はガラス基板、2は透明電極、3は正孔を輸送する正孔輸送層、4は発光現象が起こる発光層、5は電子を輸送する電子輸送層、6は陰極、9は正孔輸送材と発光材の混合層、10は電子輸送材と発光材の混合層である。なお、正孔輸送材(TPT)と発光材(DCM)の混合層は正孔輸送層と発光層の間に、電子輸送材(Alq)と発光材(DCM)の混合層は発光層と電子輸

送層の間に設けた。また混合層はそれぞれの材料を 1 : 1 になるように共蒸着法により成膜し、その膜厚は 1 0 n m とした。

【0 0 5 4】

その結果を、以下の（表 4）に示す。

【0 0 5 5】

【表 4】

正孔輸送材と発光材 の混合層	電子輸送材と発光材 の混合層	発光効率 (lm/W)	駆動寿命 (時間)
—	—	2. 5	3 0 0
○	—	2. 6	4 0 0
—	○	2. 5	3 8 0
○	○	2. 7	4 5 0

【0 0 5 6】

（表 4）より、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率、駆動寿命が優れていることが確認された。

【0 0 5 7】

（実施の形態 5）

本発明の第 5 の実施の形態における有機電界発光素子は、発光層に DCM に替えて（表 5）に示す材料を用いて発光層の膜厚を 0. 2 n m にした以外は、実施の形態 1 と同様に有機電界発光素子を作製し、その特性を評価した。

【0 0 5 8】

その結果を、以下の（表 5）に示す。

【0 0 5 9】

【表 5】

発光層	ピーク波長 (nm)	発光効率 (lm/W)	駆動寿命 (時間)
DCM	591	2.5	300
DMQ	530	5.6	700
クマリン6	510	6.5	650
ルブレン	560	4.7	800

【0060】

(表 5) より、本実施の形態の有機電界発光素子は、発光効率、駆動寿命が優れていることが確認された。

【0061】

(実施の形態 6)

本発明の第 6 の実施の形態における有機電界発光素子は、図 6 及び図 7 にその断面図を示すように発光層をその成分を異なる三層の多層構造とした以外は、実施の形態 1 と同様に有機電界発光素子を作製した。図 6 及び図 7 において、1 はガラス基板、2 は透明電極、3 は正孔を輸送する正孔輸送層、4 a は発光現象が起こる第 1 の発光層、4 b は発光現象が起こる第 2 の発光層、4 c は発光現象が起こる第 3 の発光層、5 は電子を輸送する電子輸送層、6 は陰極である。各発光層 (4 a, 4 b, 4 c) は図 6 のように間隔を設けて形成してもよく、また図 7 のように積層されていてもよい。このように作製した素子の特性を評価したところ、良好な結果が得られた。

【0062】

また、例えば 4 a を赤色系、4 b を緑色系、4 c を青色系の発光層とすることで白色発光を実現することができる。さらに、フィルタなどにより白色発光を再度いくつかの色に分けて用いることも可能である。

【0063】

(実施の形態 7)

本発明の第 7 の実施の形態における有機電界発光素子は、図 8 にその断面図を示すように発光層をそれぞれ成分の異なる 3 つのブロック状とした以外は、実施

の形態 1 と同様に有機電界発光素子を作製した。図 8 において、1 はガラス基板、2 は透明電極、3 は正孔を輸送する正孔輸送層、4 d は発光現象が起こる第 1 の発光層、4 e は発光現象が起こる第 2 の発光層、4 f は発光現象が起こる第 3 の発光層、5 は電子を輸送する電子輸送層、6 は陰極である。ブロック状発光層は、リソグラフィ技術及び薄膜加工技術等を用いて作製した。ブロック状発光層の形状はストライプ状や格子状等のさまざまな形態をとることができる。図 9 (a) に、ストライプ状、図 9 (b) に格子状の場合の、発光層の平面構成図の例を示す。図 9 (a)、(b) において、4 d は発光現象が起こる第 1 の発光層、4 e は発光現象が起こる第 2 の発光層、4 f は発光現象が起こる第 3 の発光層である。このように作製した素子の特性を評価したところ、良好な結果が得られた。

【0064】

なお、例えば図 8 や図 9 で示した発光層において 4 d を赤色系、4 e を緑色系、4 f を青色系の発光層とすることで白色発光を実現することができる。さらに、フィルターなどにより白色発光を再度いくつかの色に分けて用いることもできる。

【0065】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、発光効率が高く駆動寿命時の輝度の低下が小さい有機電界発光素子が得られるという有利な効果が得られる。また、様々な色の発光が可能である有機電界発光素子を容易に得られることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 2】

本発明の第 2 の実施の形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 3】

本発明の第 2 の実施の形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 4】

本発明の第 3 の実施の形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 5】

本発明の第 4 の実施の形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 6】

本発明の第 6 の実施の形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 7】

本発明の第 6 の実施の形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 8】

本発明の第 7 の実施の形態における有機電界発光素子の構成を示す断面図

【図 9】

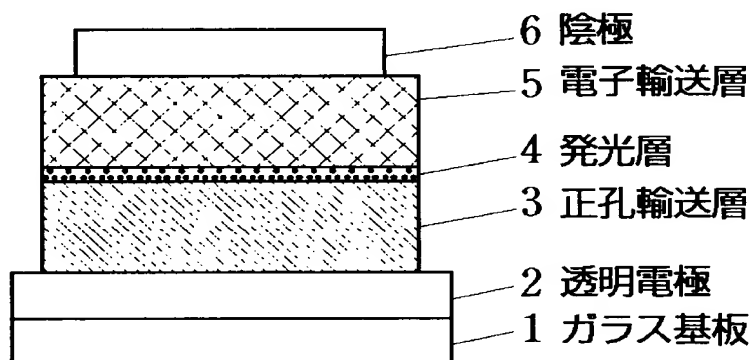
本発明の第 7 の実施の形態におけるブロック状発光層の平面構成図

【符号の説明】

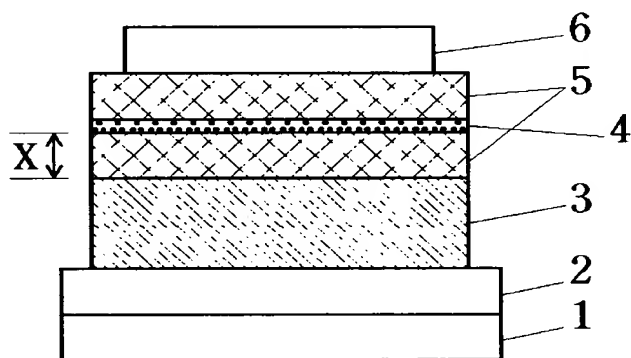
- 1 ガラス基板
- 2 透明電極
- 3 正孔輸送層
- 4、4 a、4 b、4 c、4 d、4 e、4 f 発光層
- 5 電子輸送層
- 6 陰極
- 7 電子ブロック層
- 8 正孔ブロック層
- 9 正孔輸送材と発光材の混合層
- 1 0 電子輸送材と発光材の混合層

【書類名】 図面

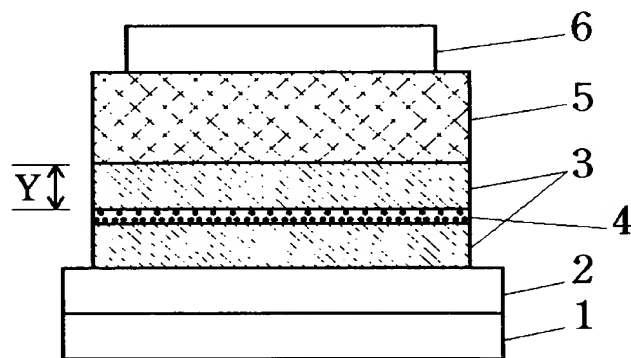
【図 1】



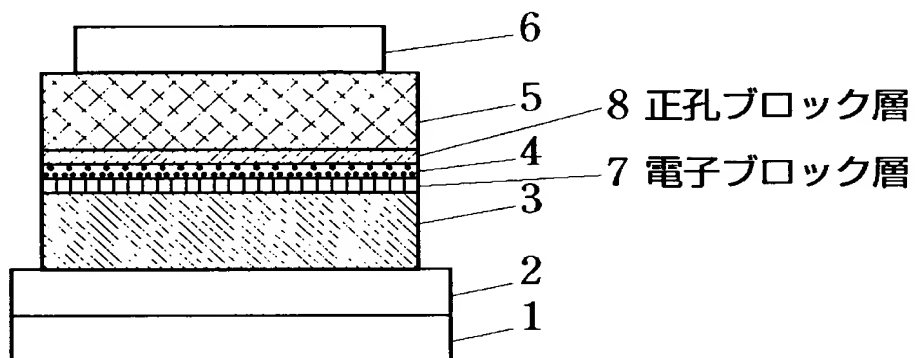
【図 2】



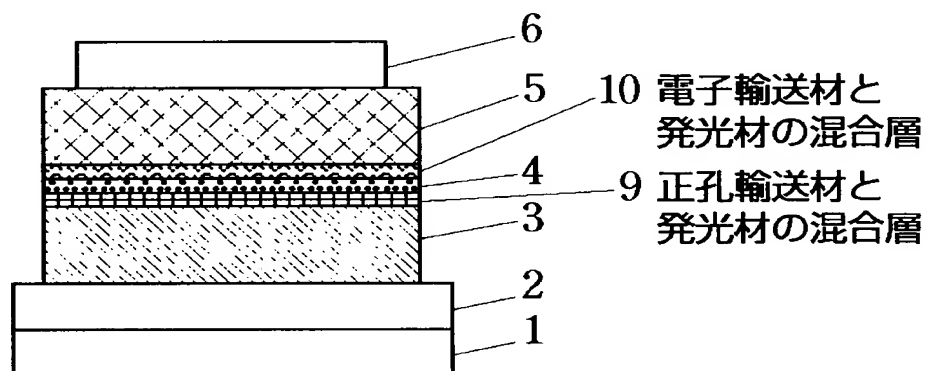
【図 3】



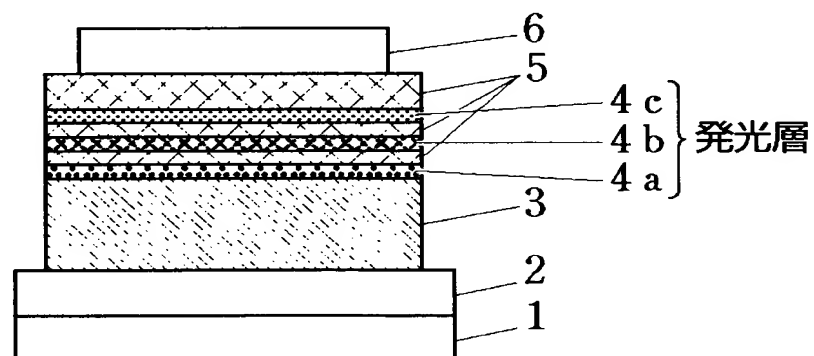
【図 4】



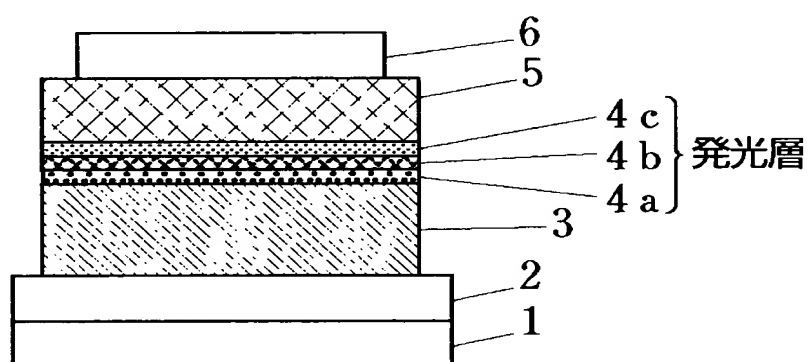
【図 5】



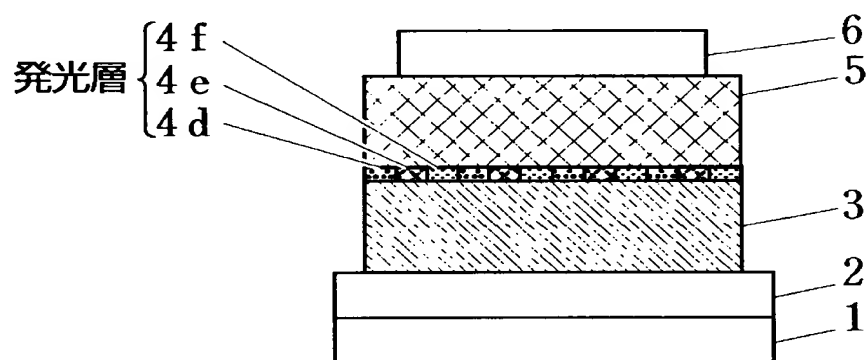
【図 6】



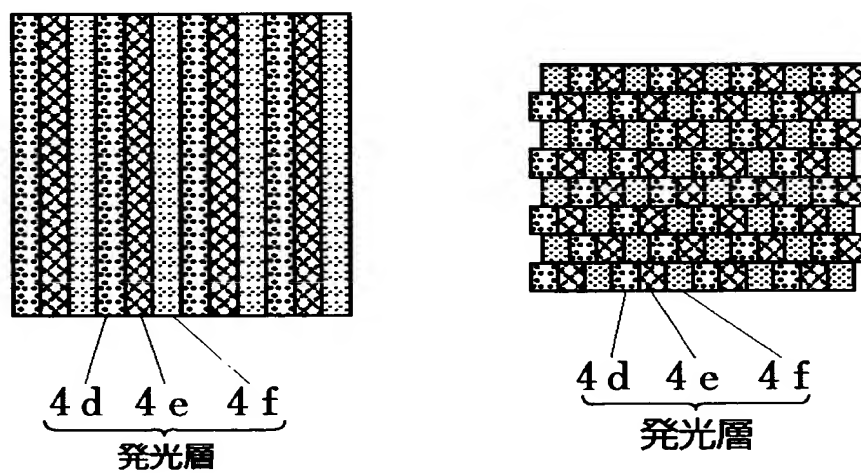
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 発光効率が高く駆動寿命時の輝度の低下が小さい有機電界発光素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は、発光層 4 に用いる有機物が濃度消光を起すものであり、かつ発光層の膜厚が 4 n m 以下、あるいは島状に形成された有機電界発光素子である。

このような構成によれば、発光効率が高く、様々な色の発光が可能である有機電界発光素子が容易に提供される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社